

Title	F. Varelaのオートポイエンスについて(主体を含む複雑系の数理モデル)
Author(s)	山口, 昌哉
Citation	数理解析研究所講究録 (1992), 809: 1-8
Issue Date	1992-09
URL	http://hdl.handle.net/2433/82993
Right	
Type	Departmental Bulletin Paper
Textversion	publisher

F. Varela のオートポイエンスについて

龍谷大学理工学部 山口 昌哉 (Masaya Yamaguti)

F. Varela 著、autonomie et connaissance、
Essai sur le VIVANT. 自律と認識、生きていることへの試論
の紹介をします。

彼の諸論は、他律すなわち何者かにコントロールされるという、ことは、きわめて、一般的な定式化ができています。Input と Output があり、それをつなぐ何者かが、外部の何者かに Control されるということの定式化です。これは工学や科学の、多くの分野に具体的にあらわれて、しかもこの定式化が多く成果を生んでいます。

一方自律ということ、生物や、細胞などが、その環境に適応しながら、自らを律して行くことで、全く定式化の試みがされていません。そしていつも上の Control の枠組みで理解

されようとされているのです。

このような現状から、彼はマトゥラナとともに autopoiesis という概念と、autonomie という概念を定式化して、この概念と既存のコントロールという概念を一種の DUALITY の関係にあることによって、生物とその観察者のつくるシステムを理解しようとしているのです。

オートポイエティック・システムとは構成要素を生産してゆくネットワークとして組織され、その構成要素は a) 互いに相互作用と変化を繰り返しつつ自分を生みだしたネットワークを絶えず再生産し、b) そうしたネットワークが作動する位相的領域を画定することによって、そのシステムが存在する空間においてそれを一つの具体的な統一体として構成するものである。（自律と認識第二章）

これは細胞モデルとしてつくられたものです。

いくつものオートポイエンス・システムが集まって、上位のシステムをつくり、それが又、オートポイエティック・システムになることはしばしばあるが、つまり、生物の個体にあるようなもののモデルとして、彼はオートノーマス・システムも定義します。

オートノーマス・システム自律系はダイナミックなシステ

ムであって且つ自分自身による組織化を通じて画定されるようなシステムですが、次の概念

”オペラショナルクロジュア（作用的閉環）”

という概念によって、更にくわしくなります。

自律系が作用的に閉じたシステムであるというのは次のようにプロセスによって特徴づけられた場合を云います：

- a) それぞれのプロセスは自分自身の生成と実現のためにリカーシブな形で依存しあっている。
- b) それぞれのプロセスがプロセスの存在空間のなかでシステムを認知され得る一つの統一体にしたて上げている。

これは、従来のシステムの安定性の概念を一般化したものであります。

自律および自己組織

ここで述べたいことは、「事」の最も代表的なこと、「生きているということ」の一般的表現であります。フランチェスコ・バレラという人の最近の著書 “Autonomy et Connaissance La Congnition de la Vivante” をここで紹介したいのです。最初の Autonomy は自律と訳します。副題

は正に生きているものの認知であります。

自律という言葉は、その反対語として他律あるいは制御という言葉がございます。今制御というのは、先程述べました S I A M のジャーナルにはそれだけで一つの雑誌が出来る程、多くの研究があり、一つ一つの制御材料を越えて、どの分野の制御の研究にも使用できる数学的な形成化ができています。一方他律という言葉にはそれが幾分道徳的なニュアンスがあるためか、そのような一般的形式化ができておりませんでした。生物は自律的であるということは万人が認めながら、生物学者には生物の一般的定義などというものは全く論ずることがタブーになっております。そこでバアレラは、この「自律」ということを定義してかかろうと云うわけであります。

自律系の定義：自律系とは作動的に閉じた operationally closed 系になついている。すなわち a) 系はいくつかの編目状につながったプロセスの内部結合で、そのプロセス達は互いにリカーシブに依存しあって、そのプロセス達自身をつくり出している。b) このことによって、空間内にプロセス達によって、その系の形がつくられている。

自律の例は、細胞（これに対しては彼は別にオートポイエシスとして定義している）、生物体、社会集団等々であります。

す。この定義の普通とちがうところは、自己参照的になっていることであり、一言で云うと X というものを定義するのに X 自身を定義の中で用いているということでもあります。別の云い方では作られたもの自身が作られるという定義であります。一見同語反復のように見えますが、こんな定義は数学にはいくらでもあるのです。最も最近、もっとも流行しているフラクタルを定義するのはこのような方法でやったわけです。すなわち X を一つの平面の集合として、 f_1 , f_2 をそれぞれ縮小写像でその縮小中心が異なる場合、「 X が自己相似であるとは $X = f_1(X) \cup f_2(X)$ をみたすものである」。これは上に云った意味で自己参照的でありますことは等号 $=$ の両側に X があり、 X を X で説明しています。また $f_1(X)$ は X のミニチュアですし、 $f_2(X)$ も X のミニチュアですがこの2つの X からつくり出されたものが2つよって再び X をつくっているのです。しかも f_1 , f_2 の数学的な意味で縮小であれば、上のような X が存在することが証明でき、計算機ではその美しい形が描けるわけでございます。

バレラは、この考え方が従来の考え方と違うことを強調しております。

先ず系というものを考えるとき、それは一つの形と背景と

いうカプリングから成り立っている。そしてそれが連結するとき一つの意味が生じます。そこで、いま技術や科学できわめてよく用いられる一つのカプリングをインプットカプリングとよぼうと云うのです。図示すれば、下のようなもので、

$$f: T \times I \times S \rightarrow S$$

$$(i, s)_t \xrightarrow{f} s_{t+\Delta t} \quad \Delta t, t \in T, i \in I, s \in S$$

きわめて、抑制系などに用いられているものであり、場合によって、系の内部にパラメーターを含み、それを操作することによって、何かを最大にするというようにコントロールするというのは、きわめて我々に馴染み深いものであります。これに対しバレラはもう一つのカプリングを提唱しています。これは先程の定義による作動的クロージャを採用した、クロージャーカプリングと云うものでありまして、シューマとしては次の図のようになります。

$$f: T \times S \rightarrow f + \delta f: T \times S$$

$$s_t \xrightarrow{f} s_{t+\Delta t}$$

$$(s + \Delta s)_t \xrightarrow{f + \delta f} s_{t+\Delta t}$$

この場合にも形と背景とのカプリングではありますが、今度はその形に先に述べました「作動的に閉じたもの」としての

自律系でありまして、この場合はインプット入力はその定義に参加いたしません。この場合はクロージャークاپリングとっています。系の内部にある相互作用するプロセスのことを固有行動アイゲンビヘビアと名付けて（これは固有ベクトルの拡張概念）、これが一つのクロージャークップリングをつくっている。そして入力の代わりに系の構造そのものにあたえられている摂動パーターベーションがこの系の行動を保存したり、又は分岐を生じさせる。

これを別の言葉で自己組織と云っております。これによって、生物の学習とか進化とかの説明が出来るだろうと云っています。このようなクロージャークップリングの例として、よく知られたロバート・メイのカオティック・ダイナミカルシステム

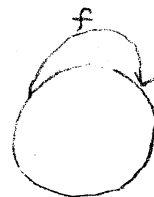
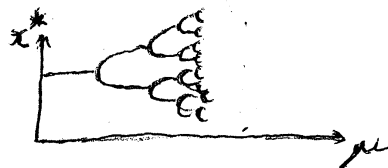
$$f(X) = 1 - \mu X^2 \quad X \in [-1, 1]$$

$$\mu \in [0, 8]$$

を示しています。ここでは μ の変化をパーターベーションと見ていますが、インプットは問題にならず、 μ の変化によって、不動点や、周期点達（これがこの系のアイゲンビヘビアです）が変化し、思いがけない多様性をあらわすことが次の図で示せます。

$$f: N \times S' \rightarrow S$$

$$x_n \xrightarrow{f} x_{n+1} = f(x_n) = 1 - \mu x_n^2$$



これが、自己組織的な系から多様性が生み出せれる簡単な例であると云っています。

次に視覚において、我々がどうして赤なら赤という色彩を知覚するのかという問いについて、常識的には、色彩は対象の特性と考えがちであるが、最近の詳しい実験によれば、色は眼に到達する光とは事実上独立であることがわかるそうあります。我々が見るものというのは、外界世界に直接かわりあいがあるのではなく、むしろメカニズムとして、我々の視覚経験に組み込まれてゆくその様態により深くかかわっていることは、網膜からのびた神経繊維が外側膝状体で少なくとも5つ以上の脳の各部分からの神経繊維と結ばれているということが下の図でもわかり、その相互作用から、網膜状での活動は何であろうと、そこで色が合成されているというわけであります。

このような数学的でない話でお話を終わります。

